



Analyse af omkostningseffektiviteten ved anvendelse af miljøteknologi til recirkulation af fosfor fra husdyrgødning på baggrund af erfaringer fra Nederlandene

Jacobsen, Brian H.

Publication date:
2017

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Jacobsen, B. H., (2017). *Analyse af omkostningseffektiviteten ved anvendelse af miljøteknologi til recirkulation af fosfor fra husdyrgødning på baggrund af erfaringer fra Nederlandene*, 37 s., IFRO Udredning Nr. 2017/29

IFRO Udredning



Analyse af omkostningseffektiviteten ved anvendelse af miljøteknologi til recirkulation af fosfor fra husdyrgødning på baggrund af erfaringer fra Nederlandene

Analysis of cost-efficiency when using environmental
technology to recirculate phosphorus from livestock
manure based on experiences from The Netherlands

Brian H. Jacobsen

IFRO Udredning 2017 / 29

Analyse af omkostningseffektiviteten ved anvendelse af miljøteknologi til recirkulation af fosfor fra husdyrgødning på baggrund af erfaringer fra Nederlandene

Forfatter: Brian H. Jacobsen

Faglig kvalitetssikring: Michael Friis Pedersen

Udarbejdet for Miljøstyrelsen i henhold til aftalen mellem Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi og Miljø- og Fødevareministeriet om forskningsbaseret myndighedsberedskab.

Udgivet december 2017

Se flere myndighedsaftalte udredninger på www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/udredninger/

Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi
Københavns Universitet
Rolighedsvej 25
1958 Frederiksberg
www.ifro.ku.dk

Indhold

Sammendrag	4
Summary	7
1. Introduktion	10
1.1 Formål	10
1.2 Introduktion til regulering i Nederlandene	11
2. Analyse af omkostninger ved anvendelse af konkrete teknologier i Danmark	13
2.1 Transport af husdyrgødning	13
2.2 Teknologier til håndtering af husdyrgødning	14
2.3 Separation af gylle	15
2.4 Afbrænding af fjerkrægødning	16
3. Omkostninger ved håndtering af husdyrgødning i Nederlandene	18
4. Analyse af teknologier til fosforrecirkulation set i forhold til behov for transport af husdyrgødning	25
5. Kan overskydende fosfor fra husdyrgødning erstatte handelsgødningsfosfor i Danmark?	29
Referencer	32
Appendiks 1	35
Appendiks 2	36
Appendiks 3	37

Sammendrag

Som en del af den nye husdyrregulering fra 2017 introduceres et fosforloft på danske husdyrbedrifter, hvilket øger behovet for omfordeling af husdyrgødning på nogle bedrifter. Formålet med dette notat er, på den baggrund, at sammenholde omkostningerne ved transport af husdyrgødning med anvendelse af andre teknologier.

Da Nederlandene i mange år har haft fokus på at begrænse tilførsel af fosfor via teknologiske løsninger, indgår der i analysen en sammenligning med vilkårene i Nederlandene med udgangspunkt i en studietur gennemført i foråret 2017.

Nederlandene har i mange egne en høj husdyrintensitet, der gør, at omkostningerne til at eksportere husdyrgødning til andre dele af Nederlandene og ud af Nederlandene er meget høj. Der er i Nederlandene en stor sektor, som står for transport og bearbejdning af en stor andel af de i alt 70 mio. tons husdyrgødning, der produceres årligt. Behovet for forarbejdning opstår, både fordi grænserne for udbringning af husdyrgødning til markerne har været faldende over en årrække, og fordi der i lovgivningen er et krav om, at en given andel af det fosforoverskud, der er på den enkelte bedrift, skal forarbejdes, så en del kan eksporteres ud af landbrugssektoren og landet.

Der er en meget detaljeret og omfattende kontrol med hvert enkelt læs gylle omfattende både mængde, indhold og faktisk rute tilbagelagt. Omkring 25 procent af husdyrgødningen forarbejdes og eksporteres ud af landet. Forarbejdningen omfatter teknologier som separation af flydende husdyrgødning til en fast og en flydende fraktion, nitrificering/denitrificering af den flydende fraktion og omdannelse til frit kvælstof, produktion af gødningspiller med højt fosforindhold baseret på den faste fraktion og produktion af koncentreret kvælstofgødning baseret på den flydende fraktion. Nederlandene håber, at EU fremover vil tillade, at koncentreret kvælstofgødning kan tildeles landbrugs-arealer som erstatning for handelsgødning, uden at det indgår i de grænser, som fremgår af nitratdirektivet.

Nærværende analyse viser, at transportomkostningerne i Nederlandene er betydeligt højere end i Danmark. Transportomkostningerne i Danmark er typisk 5-30 kr. per ton, da overførslen sker til naboer baseret på gylleaftaler inden for en afstand, der typisk er under 20 km. I Nederlandene er omkostningerne til transport af gylle opgjort til 15-130 kr. per ton afhængig af afstanden, der kan være op til 150 km. Grundet de lave omkostninger ved transport i Danmark har behovet for teknologier til forarbejdning (fx separation) af gylle været begrænset til cirka 2-3 procent af den samlede mængde. I Nederlandene forarbejdes cirka 25 procent af husdyrgødningen, og omkostningerne til forarbejdning og transport for den

del er anslået til 110-220 kr. per ton afhængig af lokalitet og tidspunkt med mere.

Det vurderes baseret på tidligere analyser, at den afstand, hvor transportomkostningerne svarer til omkostningerne ved anvendelse af separation i Danmark, typisk er 30-70 km. Dette betegnes her som *break-even*-afstanden. Til sammenligning er den gennemsnitlige transportafstand for gylle til nyere biogasanlæg i Danmark cirka 15 km, mens den typiske transportafstand med naboaftaler er 2-10 km. Break-even-afstanden er lavest, når der anvendes skruepresser, men der er ikke lavet en genberegning af break-even-afstanden i denne rapport, da der ikke er nye teknologier, som ændrer konklusionerne afgørende.

Det vurderes endvidere, at der med nye muligheder for afbrænding af fjerkrægødning kan opstå nye muligheder, alt efter hvilke krav der stilles til afbrændingen, men omvendt kan denne tilgang gå imod et ønske om øget recirkulation af næringsstoffer.

De høje omkostninger til transport i Nederlandene gør det rentabelt at anvende dyre teknologier som fx separation og tørring af den faste fraktion. Til eksempel betaler hver svinebedrift i Nederlandene 300.000 kr. årligt (44 kr. per slagtesvin) i gennemsnit for transport og forarbejdning af den husdyrgødning, der eksporteres væk fra bedriften.

Den nye danske husdyrlov vil med introduktion af fosforlofter kun betyde en stramning for 3-5 procent af alle bedrifter i forhold til de krav, de havde alene som følge af harmonikravene. De bedrifter, der påvirkes, er primært fjerkræ-/minkbedrifter og kvægbedrifter, der i dag har en høj fosfortildeling. Tilførsel både i form af husdyr- og handels-gødning indgår i de opstillede fosforlofter, og de opstillede lofter vil falde over tid, ligesom der er et lavere fosforloft i oplande til fosfor-følsomme søer.

Det vurderes, at relativt få danske bedrifter fremover vil vælge separation af gylle, og de fremtidige muligheder for afbrænding af den faste fraktion er usikre, hvorfor transport og yderligere anskaffelse af harmoniareal nok vil være den foretrukne løsning. For kvægbedrifter, der i dag anvender fosfor fra handelsgødning som startgødning, kan placering af gylle med GPS-udstyr være en mulighed, for at planterne skal have adgang til let tilgængeligt fosfor tidlig i vækstsæsonen.

Endelig ser analysen på, hvor stor en del af fosformængden der kunne omfordeles internt i Danmark med henblik på at reducere behovet for fosfor i handelsgødning. Konklusionen er, at såfremt overskud beregnes med udgangspunkt i de foreslåede fosforlofter, vil behovet for omfordeling af husdyrgødning være begrænset, og der vil på hovedoplandsniveau ikke være hovedoplande med et fosforoverskud. Transportbehovet vurderes i Danmark typisk at være under 20 km. Sættes grænsen til de fosfornormer, der fremgår af vejledning om gødningsreglerne fra Miljø- og Fødevareministeriet (NAER, 2015), vil behovet for omfordeling være større, men omfordelingen af husdyrgødningen vil fortsat kunne ske på hovedoplandsniveau. Opgjort på bedriftsniveau vil en grænse på fx 24 kg

P per ha give behov for omfordeling, og omkostningerne kan i værste tilfælde være 84 mio. kr. per år. Til sammenligning ville omkostningerne i Nederlandene for samme mængde og med en pris på 20 € per ton være over 400 mio. kr., hvilket er fem gange så højt som de danske omkostninger.

Den samlede mængde fosfor i husdyrgødning og anden organisk gødning (affald) i Jylland er på niveau med den høstede mængde fosfor i afgrøden i Jylland. En omfordeling baseret på den høstede mængde fosfor ville derfor teoretisk betyde, at der ikke var behov for køb af fosfor i form af handelsgødning i Jylland. Selv med denne grænse for fosfortilførsel vil der være begrænset behov for omfordeling mellem regioner. Omvendt tildeles landbrugsarealerne på Sjælland samlet set en fosformængde, der ligger lidt under den mængde, der fraføres.

Som det fremgår, er forholdene i Nederlandene meget forskellige fra situationen i Danmark, og det vurderes, at der sandsynligvis ikke med den nuværende husdyrproduktion på kort sigt vil komme en stigning i behovet for ny teknologi og forarbejdning af husdyrgødning i Danmark. De højere omkostninger til håndtering af husdyrgødning i Nederlandene er omvendt med til at øge produktionsomkostningerne specielt for den nederlandske svineproduktion.

Summary

As part of the new livestock regulation from 2017, a phosphorus ceiling is introduced on Danish livestock farms, which increases the need for redistribution of manure on some farms. The purpose of this report is, therefore, to compare the cost of transporting manure with the use of other technologies.

Since for many years, the Netherlands has focused on limiting the supply of phosphorus via technological solutions, the analysis includes a comparison of Danish conditions with the conditions in the Netherlands based on a study trip conducted in spring 2017.

The Netherlands has a high livestock intensity in many areas, which means that the cost of exporting manure to other parts of the Netherlands and out of the country is very high. There is a large sector in the Netherlands, which is responsible for transporting and processing a large proportion of the 70 million tonnes of manure produced annually. The need for processing arises of two reasons. Partly because the allowed limits for livestock manure brought into the fields have been declining over the years, and partly because there is a requirement in the legislation that a given proportion of the phosphorus surplus per individual farm must be processed to allow manure to be exported out of the agricultural sector and out of the country.

There is a very detailed and comprehensive control of each slurry transport comprising both amount, content and actual route completed. About 25 per cent of the manure is processed and exported out of the country. The processing includes technologies such as liquid manure separation into a solid and a liquid fraction, nitrification/denitrification of the liquid fraction and conversion into free nitrogen, production of high phosphorus fertilizer based on the solid fraction and production of concentrated nitrogen fertilizer based on the liquid fraction. The Netherlands hopes that in the future the EU will allow concentrated nitrogen fertilizer from the liquid fraction to be applied to the agricultural area as a substitute for commercial fertilizers, without being included in the limits set out by the Nitrates Directive.

The present analysis shows that transport costs in the Netherlands are significantly higher than in Denmark. The transport cost in Denmark is typically DKK 5-30 per tonne, as the transport takes place to neighbours based on slurry agreements within a distance of typically less than 20 kilometres. In the Netherlands, the cost of transportation of slurry is estimated to DKK 15-130 per tonne dependent on the distance, which may be up to 150 kilometres. Due to the low cost of transport in Denmark, the need for processing technologies (for example separation) of slurry has been limited to approximately 2-3 per cent of the total amount. In the Netherlands, approximately 25 per cent of livestock manure is processed

and the cost of processing and transport for that part is estimated to be DKK 110-220 per tonne depending on location, time and so forth.

Based on previous analyses, it is estimated that the distance where transport costs correspond to the cost of using separation in Denmark is typically 30-70 kilometres. This is referred to as the break-even distance. In comparison, the average transport distance for slurry to newer biogas plants in Denmark is approximately 15 kilometres, while the typical transport distance with neighbouring agreements is 2-10 kilometres. The break-even distance is the lowest, when screw presses are used. The break-even distance has not been recalculated in this report, as there are no new technologies that change the previous conclusions decisively.

New possibilities for combustion of poultry fertilizer can create new opportunities, depending on the requirements for incineration, but conversely, this approach can go against a desire for increased nutrient circulation.

The high transport costs in the Netherlands make it profitable to use expensive technologies such as separation and drying of the solid fraction. For example, each pig farm in the Netherlands pays DKK 300,000 on average per year (DKK 40 per pig for farms with piglets) for transport and processing of livestock manure exported from the farm.

With the introduction of phosphorus ceilings, the new Danish livestock law will tighten the regulation for 3-5 per cent of all farms in relation to the requirements they had before due to the requirements related to harmony between livestock and area. The affected farms are primarily poultry, mink and cattle farms that currently have a high phosphorus allocation. Phosphorus in both livestock and commercial fertilizers is included in the established phosphorus ceilings and the set ceilings will decrease over time. A lower phosphorus ceiling is set for farms in catchments near phosphorus-sensitive lakes.

It is estimated that relatively few Danish farms will choose separation of slurry in the future, and the future possibilities for burning the solid fraction are uncertain, which means that transportation and further agreements on slurry disposal will probably be the preferred solution. For cattle farms currently using phosphorus from commercial fertilizers as a “starting fertilizer” for maize for example, placement of slurry with GPS equipment can be a possibility for plants, so they have easily accessible phosphorus early in the growing season.

Finally, the analysis looks at the amount of phosphorus that could be redistributed internally in Denmark in order to reduce the need for phosphorus in commercial fertilizers. The conclusion is that if the requirement is calculated on the basis of the proposed phosphorus ceilings, the need for redistribution of livestock manure will be limited, and at regional level (for example Jutland) there will be no larger areas with a phosphorus surplus. In Denmark, transport needs are typically less than 20 kilometres. If the limit of the phosphorus standards stated in the

guidelines on fertilizer regulations from the Ministry of Environment and Food (NAER, 2015) is used, the need for redistribution will be greater, but the redistribution of livestock manure will continue to occur at the regional level, but not between Jutland and Zealand. Calculated at farm level, the redistribution and the costs of for example 24 kilograms of phosphorus per hectare may be up to DKK 84 million per year. By comparison, the cost in the Netherlands, for the same amount per hectare and with a price of EUR 20 per tonne, would be over DKK 400 million, which is five times higher than the Danish costs.

The total amount of phosphorus in livestock manure and other organic fertilizers (waste) in Jutland is at the same level as the phosphorus harvested in crops in Jutland. A redistribution based on the amount of phosphorus harvested would therefore theoretically mean that there would be no need for the purchase of phosphorus in the form of commercial fertilizer in Jutland. Even with this limit on phosphorus supply, there will be limited need for reallocation between regions. Conversely, the agricultural areas in Zealand are currently allocating a total amount of phosphorus that is slightly below the amount being discharged.

As can be seen, the conditions in the Netherlands are very different from the situation in Denmark, and it is estimated that there probably will not be an increase in the need for new technology for processing manure in Denmark in the short term and with the current livestock production. Conversely, the high costs for handling livestock manure in the Netherlands contribute to increased production costs, especially for Dutch pig production.

1. Introduktion

1.1 Formål

I lyset af den nye husdyrregulering fra 2017, hvor der ved overgangen til ny generel arealregulering introduceres grænser for tilførsel af fosfor, har Miljø- og Fødevarerministeriet anmodet Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi ved Københavns Universitet om et notat, der beskriver omkostningerne ved anvendelse af forskellige teknologier til recirkulation og eksport af fosfor (P). Analyserne tager udgangspunkt i de teknologier, der i dag anvendes i Danmark og i Nederlandene. I analysen indgår også information indsamlet på en studietur til Nederlandene i perioden 1.-2. marts 2017 organiseret af Miljøstyrelsen. En nærmere beskrivelse af de indlæg, der blev givet, fremgår af oversigten efter litteraturlisten.

Formålet med dette notat er at sammenholde omkostningerne ved transport af husdyrgødning med anvendelse af forskellige teknologier, således at fosfor kan genanvendes i landbrugssektoren eller i andre sektorer, hvor det er relevant.

Konkret indeholder notatet svar på de spørgsmål, der er stillet i bestillingen fra Miljøstyrelsen. Der ønskes følgende:

1. En analyse af omkostningerne ved anvendelse af udvalgte teknologier set i forhold til transport eller udbringning af ubehandlet husdyrgødning i Danmark.
2. En beskrivelse af prisstrukturer omfattende pris per km og pris per ton husdyrgødning og omfang af forarbejdet gødning i Danmark og Nederlandene.
3. En analyse, hvor anvendelsen af teknologi til fosforrecirkulation angives som en merudgift set i forhold til de omkostninger, der er forbundet med transport af husdyrgødning over længere afstande. Der tages udgangspunkt i data fra nogle af de danske bedrifter, der indgår i analysen omkring fosforreguleringen som følge af ny husdyrregulering.
4. Ved recirkulering af fosfor (P) produceres der ud fra husdyrgødning et fosforholdigt produkt, der kan sælges og erstatte fosfor i handelsgødning. Der skal foretages en beregning af omkostningerne forbundet med at anvende alt overskydende husdyrgødningsfosfor til erstatning af handelsgødningsfosfor i Danmark, hvilket her bliver betragtet som en teoretisk løsning i forhold til at omfordele alt overskydende fosfor i Danmark.

Der har været afholdt møder med relevante forskere fra Wageningen

University samt relevante medarbejdere fra det nederlandske økonomiministerium (Ministry of Economic Affairs), der også omfatter fødevarerektoren (se oversigt efter litteraturliste). Endvidere har et sammendrag af de anvendte antagelser om den nederlandske prisstruktur for teknologier og håndtering af husdyrgødning været til høring hos Wageningen University (Harry Luesink) for at sikre, at de anvendte omkostningsniveauer er korrekte. Rapporten har før publicering været til kommentering hos Miljøstyrelsen. Forsker Michael Friis Pedersen, IFRO, har stået for den interne, faglige kvalitetssikring.

1.2 Introduktion til regulering i Nederlandene

Nederlandene har som følge af den høje husdyrproduktion i mange år fokuseret på at sænke fosforanvendelsen og fosfortabet fra landbrugsarealerne. I Danmark har fokus for de politiske tiltag i forhold til landbruget indtil nu været en reduktion af kvælstoftabet til vandmiljøet, da harmonikravene også har begrænset mulighederne for en høj fosfortilførsel per ha. Med den nye danske husdyrregulering og de nye fosforlofter vil der også i Danmark være mere fokus på at undgå, at der tilføres for meget fosfor til arealer, hvor der kan være et fosfortab til vandmiljøet. Det er derfor relevant at se på, hvordan miljøteknologier kan hjælpe med at reducere fosforbelastningen. Måske kan nye teknologier være et alternativ til transport af husdyrgødning over lange afstande, da denne transport af gylle, der har en høj andel af vand, kan være uhensigtsmæssig. Omvendt betyder teknologisk forarbejdning af gylle, at det færdige produkt koster mere, og hvis ikke der samtidig opnås en merværdi, er der ikke en åbenbar gevinst.

Målet i dette notat er at vurdere, om nogle af de teknologier og metoder, der anvendes i Nederlandene kunne anvendes i Danmark som en tilpasningsmulighed til de ændrede krav som følge af den nye danske husdyrregulering og de nye fosforkrav, der stilles frem mod 2020.

Hvad angår den nederlandske husdyrproduktion, så omfatter den cirka 1,6 mio. malkekøer, 12 mio. svin og 100 mio. fjerkræ. De producerer omkring 70 mio. tons gødning eller mere end dobbelt så meget som i Danmark (Wageningen, 2014). Landbrugsarealet udgør cirka 1,8 mio. ha eller lidt mindre end det danske på cirka 2,6 mio. ha. Samlet set er husdyrintensiteten i Nederlandene således noget højere end i Danmark. De anvendte lofter for tilførsel af fosfor i Nederlandene har været faldende siden midten af 1980'erne, hvor der kunne tildeles 54 kg fosfor per ha (125 kg fosfat per ha). Grænsen for fosfortildelingen er nu 26 kg fosfor per ha (60 kg fosfat per ha) på kornarealer med neutrale fosfortal (Schoumans, under studietur 2017). På arealer med høje fosfortal må der kun tilføres 22 kg P per ha. Det er ikke helt sikkert, hvilke niveauer der angives som neutrale fosfortal i Nederlandene, men det vurderes, at det neutrale niveau i Nederlandene svarer til et fosfortal på omkring 4 (personlig kommunikation med Lars Stoumann Jensen, København Universitet). Det fremgår af appendiks 3, at der er mange arealer med en fosformætningsgrad over 50 procent. Indlæg fra studieturen viste, at kyst-

områderne ikke overholder Vandrammedirektivets krav om god økologisk status, og det blev angivet, at hovedårsagen var fosfor. Det forventes at tage mange år, før en lavere fosfortilførsel vil medføre en forbedring af vandkvaliteten for kystvandene i Nederlandene (Smit, under studietur 2017).

Da normer for maksimal fosfor per ha i Nederlandene er faldet over tid, og produktionen af fosfor i husdyrgødningen er steget betydeligt siden 2012, er der et stadig større behov for at forarbejde og eksportere husdyrgødning (Smit, under studietur 2017). I dag forarbejdes og eksporteres cirka 25 procent af alt husdyrgødning (opgjort i tons fosfor) bort fra Nederlandene.

2. Analyse af omkostninger ved anvendelse af konkrete teknologier i Danmark

2.1 Transport af husdyrgødning

Transportomkostningerne stiger med afstanden, og de omfatter ud over transport også tømning og fyldning af lastbil/gyllevogn, som tager nogen tid. I Farm Test fra 2007 er den typiske omkostning ved en transport på 5-30 km cirka 1 kr. per ton per km. Prisen per km er højere ved kortere transport svarende til 5-10 kr. per ton for 2-5 km (Pedersen, 2007). Det er tidligere vurderet, at den typiske transport-afstand er under 5 km, og at kun 6 procent af aftalerne omfatter en afstand over 10 km (Asai et al., 2014).

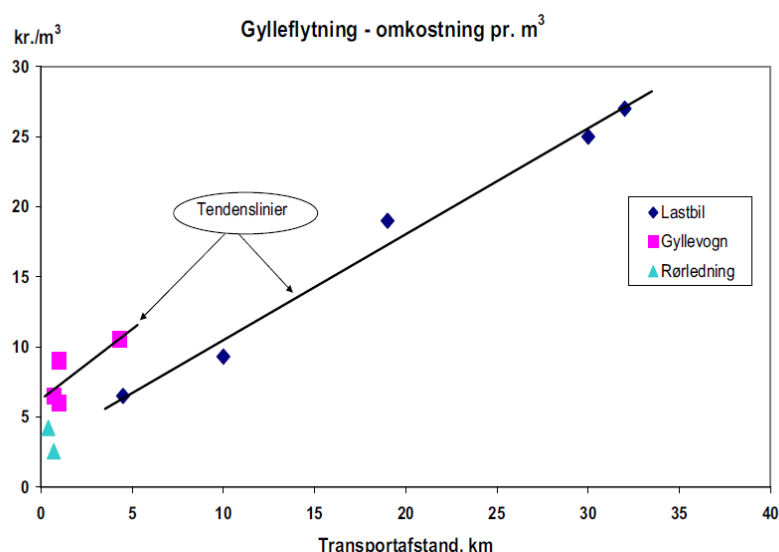
Det fremgår således af figur 1, at en transport på 5 km med traktor og vogn koster det samme som en transport på 10 km med lastbil. Dog kan fyldning og tømning tage nogen tid (Knudsen et al., 2015). I farmtesten angives omkostningen for transport af gylle ved meget korte distancer (cirka 1-2 km) med gyllevogn at være 7-14 kr. per ton. I Knudsen et al. (2015) er der på den baggrund lavet to opdelinger, nemlig kort transport, som koster 21-28 kr. per ton (3-4 km), og lang transport med lastbil og omladning, som koster 30-36 kr. per ton (10 km). I den samlede omkostning ved lang transport indgår fyldning og læsning. Omkostningsniveauet er således højere end det, som direkte fremgår af figur 1, der beskriver den direkte transportomkostning, som udgør cirka 1 kr. per ton per km.

Ved implementering af nye fosforgrænser har de berørte bedrifter en række tilpasningsmuligheder, såfremt de producerer mere fosfor, end de kan tildele. De kan 1) bruge mindre fosfor i foder 2) transportere husdyrgødningen længere væk fra bedriften 3) forarbejde gødningen, for at den fosforholdige del eksporteres væk fra bedriften eller 4) købe mere jord. Ved køb af mere jord vil en afledte effekt være øgede transportomkostninger, men omvendt får landmanden den fulde værdi af husdyrgødningen. I forbindelse med tilpasningen vil behovet for køb af N i handelsgødning typisk øges. I denne analyse indgår en reduktion af husdyrproduktionen ikke som en mulighed.

I denne analyse er fokus på transport og forarbejdning af husdyrgødning. Hvad angår længere transport kan en mulighed også være at gøre gødningen økonomisk mere attraktiv for planteavlere. Det kan være, at husdyrproducenten fremover også må betale for udbringningen, hvor han i dag måske kun betaler transporten hen til modtagerens mark. Det fremgår af SEGES' analyse, at halvdelen af husdyrgødningen leveres gratis på modtagerens mark (leverandør betaler transport og udbringning), og ved den anden halvdel betaler modtager for transport og udbringning (Knudsen et al., 2015). Øget transport til et biogasanlæg er også en

mulighed. Her tager biogasanlægget dog typisk en merbetaling for at videreførde gyllen.

Figur 1. Omkostninger ved transport af gylle i Danmark som funktion af afstand og transportform



Kilde: Pedersen (2007).

2.2 Teknologier til håndtering af husdyrgødning

I dag forarbejdes og behandles kun en meget lille del af den danske husdyrgødning. Tidligere analyser pegede på, at cirka 3 procent af husdyrgødningen blev separeret i 2010, men omfanget er i dag sandsynligvis lidt lavere, da de fleste anlæg er fra før 2008, og det har været svært at afsætte den faste fraktion (Birkmose, 2010; samt T. Birkmose, personlig kommentar). Omkring 20 procent af gyllen forsures, men dette ændrer ikke på indholdet af fosfor, som er i fokus i denne analyse, og det inddrages derfor ikke yderligere (Jacobsen, 2017).

De separationsteknologier, der typisk bruges i Danmark, er dekanter-separation og separation via skruepresse. Begge teknologier er velkendte teknologier, der vurderes som driftssikre. En skruepresse er baseret på en relativt simpel teknologi, men omvendt er dens evne til at levere en tør og fosforholdig fraktion noget ringere end dekantercentrifugen. I denne analyse vurderes separation (enten via dekanter eller skruepresse) at være mulige teknologier for kvæg- og svinebedrifter, hvor de nye fosforlofter betyder, at en del af husdyrgødningen skal forarbejdes. Analyser viser typisk at dekanter-separation er dyrest blandt andet grundet den højere anlægspris (Knudsen et al., 2015). For fjerkræbedrifter vurderes det, at afbrænding af gødning som følge af den ændrede regulering for afbrænding (biproduktforordningen) potentielt kan blive en fremtidig mulighed, men det afhænger af de yderligere krav (EU, 2016).

2.3 Separation af gylle

Ved dekanterseparation af gylle fås en tyk (fast) fraktion og en tynd fraktion (se tabel 1). Som anført i tabel 1, så indeholder den faste fraktion cirka 75 procent af den samlede mængde fosfor. Den faste fraktion indeholder imidlertid også 25 procent af den samlede kvælstofmængde, så eksport af den faste fraktion øger behovet for kvælstof (N) fra handelsgødning.

Tabel 1. Fordeling af indhold ved dekanterseparation i fast og tynd fraktion

	Rågylle	Fast fraktion	Tynd fraktion
Mængde (%)	100	14	86
Tørstof (%)	6	65	3
Andel N (%)	100	25	75
Indhold kg N per ton	5,7	10,1	4,9
Andel P (%)	100	75	25
Indhold kg P per ton	1,6	8,7	0,5

Kilde: Jacobsen et al. (2002).

Hvad angår omkostningerne til separation, så var de 5-15 kr. per ton alt efter mængde i 2002 (Jacobsen et al., 2002), og de vurderes i dag at være lidt højere grundet prisudviklingen, men niveauet er ikke kendt. Den grænse, der blev anvendt i analysen, var på 30 kg P per ha, hvilket stort set svarer til det vedtagne fosforloft på skærpede arealer fra 2018.

I den foretagne analyse anvendes dekanterseparation og transport af den faste fraktion i stedet for transport af den samlede gyllemængde. I udgangspunktet tildeles 40 kg P per ha, og ved en grænse på 30 kg P per ha udgør meromkostningen ved separation 11 kr. per ton for det samlede system inklusive udbringning. I beregningen indgår, at den faste fraktion køres 25 km væk og til en meromkostning til transport på 25 kr. per ton (Jacobsen et al., 2002).

I analysen er ligevægtsafstanden mellem øget transport og separation på en stor husdyrbedrift med 1000 dyreenheder (DE) beregnet til 72 km. Det er altså den afstand, hvor transport af gylle giver de samme omkostninger som separation. Separationen koster 15-20 kr. per ton, men den samlede mængde har betydning for omkostningerne, idet separation af en mindre mængde er dyrere per ton end en større mængde.

I et notat fra Miljøstyrelsen angives beregninger foretaget af Videncenter for Svineproduktion, der viser nulpunktsafstanden for forskellige teknologier (Miljøstyrelsen, 2009). Analysen viser, at separation med skruepresse er den billigste teknologi med en nulpunktsafstand på 0 km, mens afstanden for en dekantercentrifuge er 100 km for en bedrift med 250 DE og 0 km for en bedrift med 1000 DE. Konklusionen afhænger således af produktionsstørrelsen. Det konkluderes, at afstanden typisk skal være større end 30-70 km, for at separation er et attraktivt alternativ (Miljøstyrelsen, 2009).

I en analyse af forskellige bedrífers tilpasning til de nye fosforkrav foretaget af SEGES indgår også en skruepresse og en dekantercentrifuge (Knudsen et al., 2015). Det anføres, at en dekantercentrifuge opsamler 60 procent af fosformængden i den faste fraktion, mens det for skruepressen kun er 22 procent (Knudsen et al., 2015). For nogle af de nye separationsanlæg (AL-2) kan det noteres, at man kan justere andelen af fosfor, der opsamles i den faste fraktion (45-95 procent), og det vil hjælpe til at sikre, at der ikke fjernes for meget fosfor og kvælstof (AL-2, 2017). Det har ikke i dette projekt været muligt at gennemføre en ny og større analyse af eventuelt nye separationsteknikker.

I de gennemførte beregninger i Knudsen et al. (2015) fremgår det, at der ud over omkostninger til separation er yderligere omkostninger til indkøb af kvælstof. I de beregnede eksempler er meromkostningen ved skruepressen 22.000 kr. årligt mod 49.000 kr. per år ved dekanter for en bedrift med 100 DE (Knudsen et al., 2015). Når omkostningen er højere ved en dekanter, er det både, fordi anlægget er dyrere, og fordi meromkostningen til køb af handelsgødning er større. Det skal dog bemærkes, at der i denne situation kun tildeles 17 kg P per ha og dermed reelt fjernes for meget fosfor fra bedriften, som diskuteret ovenfor. Samlet svarer meromkostningen ved de to teknologier til henholdsvis cirka 11 og 25 kr. per ton gylle, der produceres, i forhold til en situation, hvor der kan tildeles 43 kg P per ha på en bedrift med slagtesvin.

Den typiske maksimale afstand for transport af husdyrgødning er i dag under 10 km (Asai et al., 2014), hvorfor der sjældent vil være bedrifter, der fragter en større andel af gyllen længere end 20 km. I langt de fleste tilfælde er separationsteknologier samlet set for dyre i forhold til længere gylletransport i Danmark, hvorfor få har investeret i separationsanlæg. Dertil kommer, at fx biogasanlæg ikke betaler ekstra for den faste fraktion, selvom gasudbyttet er noget højere i den faste fraktion.

2.4 Afbrænding af fjerkrægødning

Afbrænding af fjerkrægødning har ikke tidligere kunnet lade sig gøre i mindre anlæg, hvorfor det ikke har været en reel mulighed. Imidlertid forventes det, at biproduktforordningen vil blive ændret, så det bliver muligt at afbrænde fx fast husdyrgødning og den faste fraktion fra separation (EU, 2016). De tidligere krav fulgte af de krav, der stilles til afbrænding af affald. Det vurderes, at de nye forhold bliver lempeligere end de tidligere krav, men omvendt vil det nok ikke blive muligt at afbrænde fjerkrægødning i fx et halmfyr.

For at vurdere muligheden for afbrænding er der taget udgangspunkt i tidligere analyser af omkostningen ved afbrænding af husdyrgødning (se fx Hjort-Gregersen & Christensen, 2005), da det ikke inden for rammerne af dette notat har været muligt med en mere dybdegående analyse af omkostningerne ved afbrænding.

Der er i flere analyser set på omkostningerne ved afbrænding, men udgangspunktet har typisk været de store anlæg, som var lovlige på det

tidspunkt. Det er dog også tydeligt, at der er betydelige omkostninger forbundet med sådanne anlæg, og det er usikkert, hvad det præcist vil koste at afbrænde husdyrgødning i dag. I Hjort-Gregersen og Petersen (2011) indgår således en omkostning på 29 kr. per ton ved en stor mængde. Det antages, at landmanden forud har foretaget en eventuel separation.

Birkmose (2010) anfører, med Hjort-Gregersen og Christensen (2005) som kilde, at gevinsten ved afbrænding i stedet for langtransport er 68.000 kr. årligt for den analyserede bedrift, hvor den faste fraktion alternativt transporteres 100 km. Såfremt der skal betales yderligere afgifter (affaldsforbrændingsafgift og affaldsvarmeafgift) ved forbrænding, vil langtransport være en klar fordel (se også Hjort-Gregersen & Petersen, 2011).

Omkostningerne ved afbrænding af fjerkrægødning i mindre skala er, som anført, ikke undersøgt nærmere, men hvis det kan afbrændes i fx et halmfyr, vil omkostningerne være noget lavere end tidligere. Den producerede varme kan erstatte andre energiformer og dermed reducere energiudgifterne. Potentielt kan asken anvendes som fosforgødning efterfølgende. Der forventes dog at blive stillet krav til afbrændingen, der gør, at det ikke bliver muligt at afbrænde i et halmfyr. Om det så bliver et attraktivt alternativ for fjerkræavlere i stedet for mere jord eller langtransport, vides ikke. I nogle situationer kan afsætning til private som fx havegødning også være et alternativ.

3. Omkostninger ved håndtering af husdyrgødning i Nederlandene

I forhold til transporten af husdyrgødning er det vigtigt at forstå, at der i Nederlandene er opbygget et meget detaljeret system, hvor alle, der transporterer gylle uden for egen bedrift, skal kunne angive mængder, næringsstofindhold (der udtages prøver) og konkret GPS-placering på lastbil/traktor. Der er krav om, at der tages prøver, og at disse sendes til laboratorium, ligesom der er overvågning af de GPS-distancer, som lastbilerne faktisk tilbagelægger. Dertil kommer certifikater, der skal udarbejdes for hvert læs, og som nu også følger de lastbiler, der kører til Tyskland eller Frankrig. Det skønnes, at de tekniske meromkostninger alene ved implementeringen af dette krav udgør 1-2 € per ton for de cirka 35 mio. (50 procent) tons gødning, der ikke afsættes på egen bedrift. Dette er en merudgift på 260-500 mio. kr. for erhvervet, men det er ikke et stort beløb (10 procent) i forhold til de samlede omkostninger ved gødningstransport og forarbejdning på 10-15 € per ton for samme mængde (i alt cirka 2,6 mia. kr.) (Luesink, 2017).

Forarbejdning og transport af husdyrgødning er blevet en egentlig industri specielt efter 2014, hvor det blev et krav, at en del af fosforoverskuddet på bedrifterne skulle forarbejdes. Der er således en del uforarbejdet gylle i Nederlandene, der transporteres 50-150 km (se tabel 3 og figur 2). Som det fremgår af figur 2 er transportomkostningerne højere i Nederlandene ved alle transportafstande. De gennemsnitlige omkostninger for gødning, der transporteres, er opgjort til 9-10 € per ton for kvæg- og fjerkræbedrifter, mens den er cirka 17 € per ton for svinebedrifter (se figur 4). Som det fremgår af figur 4a, er der i de svineintensive regioner i det sydøstlige Nederlandene en produktion af fosfat, der er cirka fire gange så høj som den tilladte tilførsel.

Landmænd i den østlige del af Tyskland betaler for de gødningsprodukter, de modtager, men det gør tyske landmænd i den vestlige del af Tyskland typisk ikke, da de har naboer, som også ønsker at afsætte husdyrgødning.

Gylle separeres både lokalt og centralt, og omkostningen blev på studieturen angivet til 3-6 € per ton.

Den videre forarbejdning af gylle i Nederlandene omfatter en række teknologier, der alene eller kombineret giver en række nye produkter (se appendiks 2). Den flydende fraktion fra separationen tilføres marken direkte, eller kvælstofindholdet kan ved en denitrifikationsproces omdannes til N_2 (eller omdannes til koncentreret organisk kvælstofgødning). Der er cirka 20 af disse anlæg i Nederlandene, og håbet er, at de forbliver i produktion efter deres prøveperiode. Målet er på sigt,

at dette kvælstofkoncentrat kan tilføres som et alternativ til handelsgødning uden at indgå i grænsen for tilførsel af kvælstof fra husdyrgødning i nitratdirektivet. Grundet deres undtagelse fra nitratdirektivet har Nederlandene mulighed for at tildele henholdsvis 230 og 250 kg N per ha fra husdyrgødning alt efter region, men den samlede kvælstoftilførsel på en kvægbedrift kan godt være op til 350 kg N per ha. Der er således i Nederlandene en gennemsnitlig tildeling på over 100 kg N per ha fra handelsgødning på trods af den høje husdyr-intensitet (Jacobsen & Vogdrup-Schmidt, 2014).

Tabel 2. Overordnede vurderinger af omkostninger ved teknologier i Danmark og Nederlandene

	Danmark (kr./ton)	Nederlandene (kr./ton)
Transport (kort)	3 - 10	
Transport (lang)	10 - 40	
Separation (dekanter)	5 - 15	26 (mobil)
Separation (skruepresse)	3 - 10	7,5

Kilder: Jacobsen et al. (2002); Knudsen et al. (2015); Luesink (2017).

Tabel 3. Omkostninger ved transport og forarbejdning af husdyrgødning i Nederlandene.

	Omkostninger (€/ton)	Omkostninger (kr./ton)	National andel
Gylletransport (kort; egen bedrift)	2 - 3	15 - 21	50 %
Gylletransport (nærområde < 50 km; Ikke egen bedrift; Nederlandene)	6 - 7	44 - 52	25 %
Gylletransport (område < 150 km;) ikke egen bedrift; Nederlandene og Tyskland)	12 - 18	89 - 134	
Transport inkl. forarbejdning - Svineområde (sydøst) - Kvægområde (nord)	15 - 30 20 - 30 15 - 25	112 - 220	25 %
Gns. omkostning for eksport i regnskab (ikke egen bedrift)	10 - 15	75 - 112	

Noter:

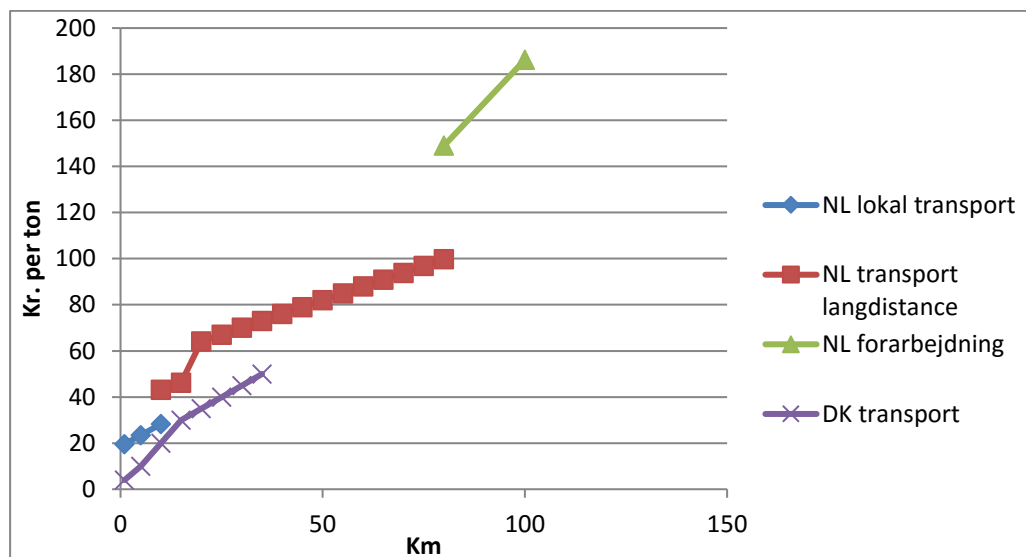
1. Grundomkostninger er omladning og vejning (2-3 €/ton) og generel transport (2 -3 €/ton) og eventuelle omkostninger til lager ved fjerneksport (2 €/ton).
2. Ved lokal transport < 20 km koster det 0,13 €/ton/km ud over grundomkostningerne
3. Ved lang transport > 20 km koster det 0,08 €/ton/km ud over grundomkostningerne

Kilde: Luesink (2017)

En stor del af fjerkrægødningen afbrændes på et stort anlæg (BMC Moerdijk). Alternativt tørres den faste fraktion og omdannes til piller, hvorefter den transporteres meget langt (fx Frankrig, Polen). Det er markedet, der afgør, hvilken vej og forarbejdning der er mest optimal. Af den samlede eksport af husdyrgødning går 60 procent til Tyskland, mens

20 procent går til Flandern og 20 procent til Frankrig (se figur 3b). Omvendt importeres der en del husdyrgødning fra Flandern i det sydvestlige hjørne af Nederlandene. Transport til Flandern kræver ikke hygiejnisering (opvarmning til 70 grader), men det gør eksport til Tyskland og Frankrig.

Figur 2. Transportomkostninger som funktion af afstanden i Danmark og Nederlandene (kr. per ton gylle).

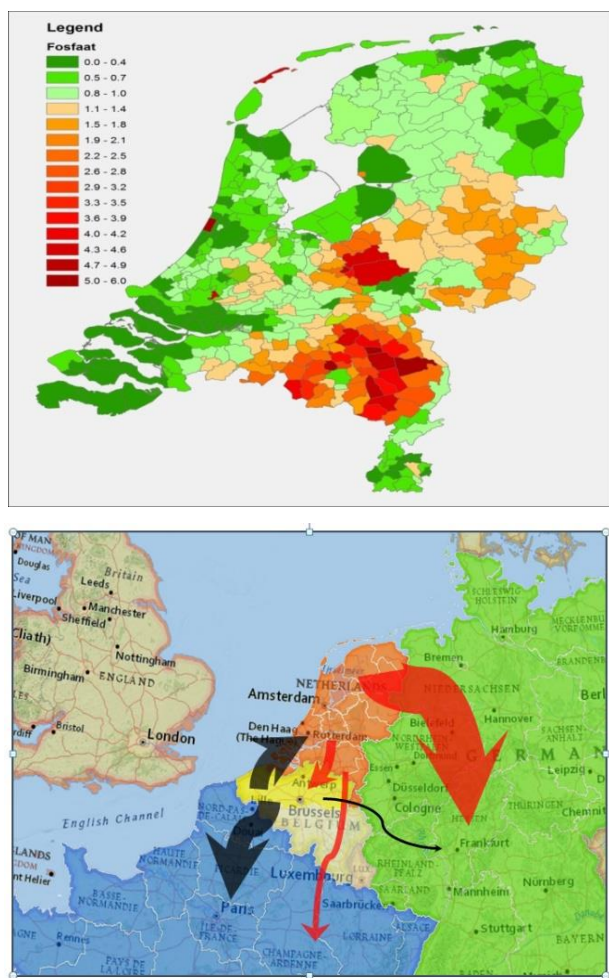


Kilder: Luesink, under studietur 2017, Harry Luesink personlig kommentar samt egne beregninger

Note:

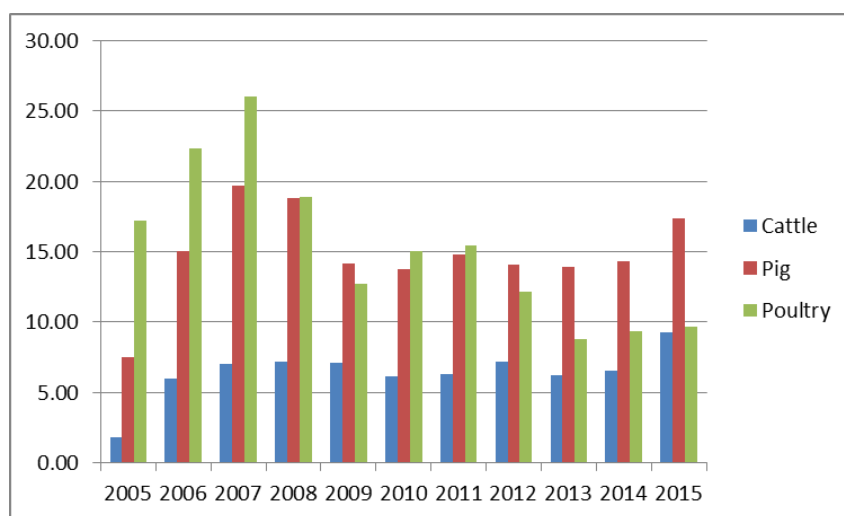
Grundlæggende er omkostningen 0,13 €/ton/km under 20 km og 0,08 €/ton/km over 20 km.

Figur 3. Fosfatproduktion i Nederlandene i forhold til tilladt tilførsel på kommuneniveau (3a) og de største transportveje ud af landet (3b).

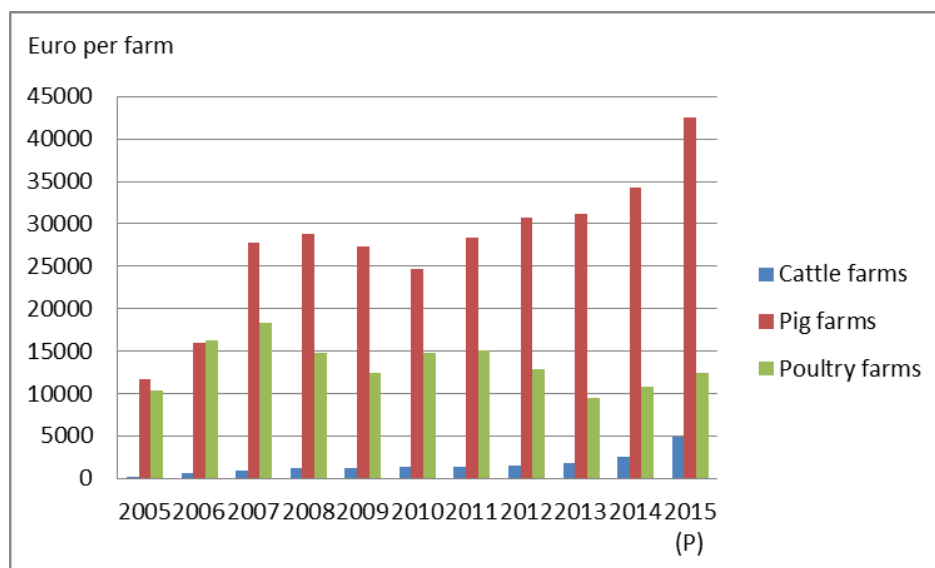


Kilder: Luesink, under studietur 2017; Jacobsen (2017c).

Figur 4. Pris på husdyrgødning, der leveres bort fra gården (gennemsnit af alt transporteret gødning) (€ per ton).



Figur 5. Omkostninger per bedrift knyttet til overskudsgødning, der transporteres væk fra bedriften (€ per bedrift)



Kilde til figur 4 og 5: Luesink, under studietur 2017

Nederlandene har ligesom Danmark en undtagelse fra nitratdirektivet, der gør, at de i nogle regioner må tilføje 230 eller 250 kg N per ha fra husdyrgødning, hvor kravet i direktivet er maksimalt 170 kg N. Som et krav for at få denne undtagelse har kommissionen krævet, at den øvre grænse for produceret fosfat fra husdyrgødning udgør 172,9 mio. kg fosfat eller 75 mio. kg total fosfor (2,3 kg P₂O₅ = 1 kg P). Den fastsatte grænse svarer til fosfatproduktionen i 2002. Hvis der produceres mere fosfat fra husdyrproduktionen, kan det få stor betydning for Nederlandenes undtagelse fra nitratdirektivet for kvægbedrifter. Den kraftige stigning i mælkeproduktionen i 2016 på grund af bortfald af mælkekvoterne har betydet, at den producerede mængde fosfat er steget til cirka 190 mio. kg fosfat grundet en stigning i antallet af køer på næsten 200.000 siden begyndelsen af 2015. Derfor skal Nederlandene inden den 31.12.2017 reducere kvægbestanden med cirka 160.000 dyr, som sammen med tiltag omkring lavere fosforindhold i foder skal sikre, at grænsen for fosfatproduktionen overholdes (van Stralen, under studietur 2017).

Når mælkeproduktionen kunne stige så meget i 2016, så skyldes det ophør af mælkekvoterne, og at der ikke, som for svin og fjerkræ, var en begrænsning i form af produktionsrettigheder. Den forventes nu indført for kvæg i 2018. Der var iværksat nogle tiltag for at reducere stigningen i mælkeproduktionen (blandt andet krav om øget areal), men af forskellige årsager virkede dette ikke, blandt andet fordi mælkeproducenterne havde forberedt sig på en udvidelse over en længere periode. Der indføres nu fx en bøde på 240 € per dyreenhed over antallet af dyreenheder i oktober 2016. Det vurderes, at hovedparten af tilpasningen sker gennem reduktioner af antallet af køer med cirka 10-15 procent på mange bedrifter (van Stralen, under studietur 2017).

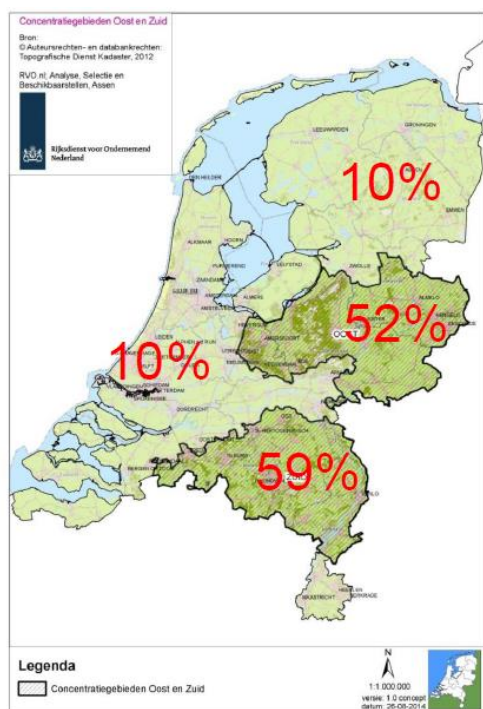
På nationalt niveau kan I alt 94 mio. kg fosfat (54 procent) ikke afsættes på egen bedrift, og da den faktiske anvendelse grundet lavere tildelingsnormer er faldet til cirka 130 mio. kg, skal cirka 40 mio. kg fosfat (23 procent) eksporteres ud af Nederlandene og landbrugssektoren hvert år (se figur 6). Forarbejdningskravet er i 2017 oversat til et bedriftskrav, således at der i de store egne mod nord og vest skal forarbejdes 10 procent, mens de intensive regioner mod syd og øst skal forarbejde henholdsvis 52 og 59 procent af fosfatoverskuddet på den enkelte bedrift (se figur 6a). Bemærk at kravet gælder for overskuddet og ikke den samlede mængde fosfat produceret.

Man kan godt handle forarbejdningsrettigheder, så nogle forarbejder en større andel, mens andre ikke forarbejder deres husdyrgødning. Kravet om forarbejdning blev delvist foreslået af landboforeningerne for at undgå, at der blev for stor forskel mellem landmænd, og for at forarbejdning kunne forestås af andelsvirksomheder. Det har efterfølgende vist sig, at hovedparten af forarbejdningen og transporten er overtaget af private firmaer.

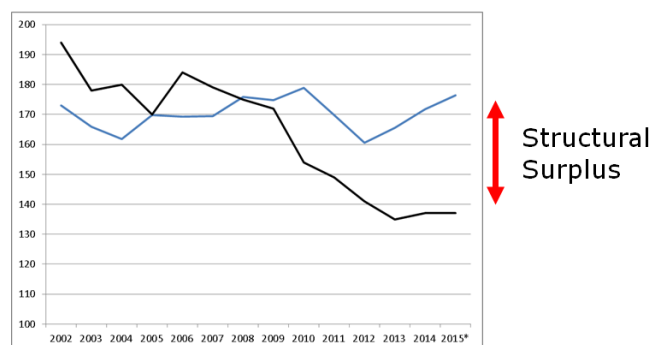
Det fremgår af ovenstående, at den høje koncentration af husdyr i Nederlandene medfører høje transportomkostninger, specielt for svineproduktionen i den sydøstlige del af landet. I en direkte konkurrence med Danmark betyder det, at svineproduktionen i Nederlandene enten skal opnå en højere salgspris for svinekød, have højere produktivitet eller have lavere inputpriser (fx foder og løn) end i Danmark.

I en analyse foretaget af Willems et al. (2016) sammenlignes svineproduktionen i Nederlandene og Danmark. Det fremgår, at den typiske danske svinebedrift har 3.500 svin (alle typer), mens den nederlandske bedrift har 2.500 svin. Den danske svinebedrift har et meget større tilhørende areal (169 ha), mens den tilsvarende bedrift i Nederlandene kun har 12 ha. Dette har også baggrund i den noget højere jordpris i Nederlandene (gennemsnittet i 2015 var omkring 350.000 kr. per ha, men den kan være noget højere i intensive områder).

Figur 6. Andel af fosforoverskud, der skal forarbejdes (6a), og samlet national fosfatmængde produceret og anvendt (6b).



Phosphate use and production (2)



Kilde: Smit, under studietur 2017.

Det fremgår af artiklen, at udbringningsomkostningerne er 3,5 gange så høje i Nederlandene som i Danmark. Det anføres endvidere, at omkostningen for at eksportere gødningen i 2010 var 33.000 € per år eller 5 procent af de samlede produktionsomkostninger. Dette tal er som anført steget til 42.000 € i 2015 (cirka 44 kr. per slagtesvin). I analysen anføres det, at de samlede produktionsomkostninger er 5 procent højere i Nederlandene (13,1 kr. i Nederlandene mod 12,4 kr. per kg slagtevægt i Danmark i 2013) svarende til angivelsen i andre opgørelser på cirka 67 øre per kg slagtevægt (Hoste, 2017).

Det blev ved et foredrag oplyst, at der i Nederlandene fortsat sker en koncentration af svineproduktionen i det mest intensive område, mens tendensen i Danmark i højere grad har været en øget eksport af smågrise til Tyskland. Baggrunden for dette er blandt andet lavere forarbejdningsomkostninger på de tyske slagterier, som betyder at de tyske slagtesvineproducenter kan betale mere for smågrise end de danske slagtesvineproducenter.

4. Analyse af teknologier til fosforrecirkulation set i forhold til behov for transport af husdyrgødning

Som tidligere angivet kan krav om øget fordeling af husdyrgødning for at overholde nye krav betyde, at anvendelse af nye teknologier vil være økonomisk fordelagtig. Som det fremgår af de tidligere afsnit, så har den højere husdyrintensitet og de opstillede krav i Nederlandene betydet, at teknologiske løsninger i nogle tilfælde er billigere end længere transport af gylle.

Målet her er at vurdere, om det for konkrete danske bedrifter, der påvirkes af det nye fosforloft, vil være en fordel at anvende teknologi til fosforrecirkulation. I analysen tages der udgangspunkt i to konkrete bedrifter for at beskrive de udfordringer, der er for bedriftstyper, der rammes specielt hårdt. De udvalgte bedrifter er blandt disse hårdt ramte bedrifter. Det kan nævnes, at der for cirka 95 procent af alle bedrifter ikke sker en stramning med de nuværende fosforlofter i forhold til de indirekte fosforniveauer, der tidligere var i harmonikravene.

De to udvalgte bedrifter er en fjerkræbedrift og en kvægbedrift, idet det antages, at de planteavlsbedrifter, der i dag modtager mere fosfor end det nye fosforloft på 30 kg P per ha, kan reducere deres import.

For fjerkræbedriften gælder, at der med de skærpede krav for 2018 skal cirka 49 procent af gødningen eksporteres, eller der skal skaffes et øget harmoniareal på 38 ha (se tabel 4). Fjerkræbedriften er blandt de 10 procent af bedrifter i gruppen fjerkræ og pelsdyr, der har den højeste fosfortildeling per ha.

Spørgsmålet her er, om der vil være en teknologisk løsning som fx forbrænding, der økonomisk vil være at foretrække frem for øget transport af husdyrgødning. Et andet aspekt er, at afbrænding ikke vil være med til at fremme ønsket om recirkulation, selvom fosfordelen fra asken i et vist omfang kan bruges som gødning efterfølgende.

Værdien af fjerkrægødning er typisk noget højere end fx svinegylle, og værdien kan godt være over 1.000 kr. per ton gødning, hvilket betyder, at det kan betale sig at transportere det længere, da værdien per ton er højere.

Tabel 4. Bedrifter der muligvis vil anvende ny teknologi grundet ny husdyrlov

	DE	Gødnings- mængde (tons)	Harmoni a- areal (ha)	Tilført P 2015 Kg P/ha	Kg P /DE	P tilført (kg P i alt)	Grænse 2018 kg P/ha	Øget harmoni- areal (ha)	Eksport i 2018 (%)
Fjerkræbedrift Grænse i 2018	59	335	40	59	40	2.347 1.200	30	+38	49
Kvægbedrift + handelsgødn. I alt Grænse i 2018	279	6.138	150	40 5 45	21	5.925 750 6.675 5.250	35	+40	24 11*

Note: For fjerkræ anvendes 7 kg P per ton gødning ved opgørelse af den samlede gødningsmængde, mens der for kvægbedriften anvendes 22 tons per DE (Normtal 2015).

*) Eksporten på 11 procent af husdyrgødningen angiver den situation, hvor der ikke længere købes fosfor i handelsgødning.

Hvis langdistancetransport koster 30-50 kr. per ton, vil eksport af 168 tons fjerkrægødning koste cirka 5-8.000 kr. årligt. Som det fremgår af analyser i dette notat, vil der meget sjældent være behov for transport over 30 km.

En teknologisk løsning, fx skruepresser, vil være en af de billigste løsninger. Imidlertid er fjerkrægødning allerede i udgangspunktet tørt og ret koncentreret med hensyn til fosfor, hvorfor afbrænding reelt er det eneste alternativ. Den tidligere tilbudte løsning, Samson Bimatech inklusive energiløsning, kunne være en mulighed, men produktet sælges ikke længere, og der er usikkerhed om de miljøkrav, der fremover vil blive stillet i forbindelse med afbrænding (EU, 2016). Prisen, baseret på de tilgange, der anvendes i Nederlandene, vil nok være 10-20 € per ton svarende til 12-25.000 kr. per år. Ved denne løsning ville gødningen blive afbrændt i et stort højteknologisk anlæg. Den faktiske pris vil afhænge meget af den mængde, der kan afbrændes. Anlægget i Nederlandene (BMC Moerdijk) afbrænder cirka 450.000 tons fjerkrægødning hvert år.

Det vurderes, at for den valgte fjerkræbedrift vil øget transport være en billigere løsning end forarbejdning selv med de priser, der gælder i Nederlandene baseret på et stort effektivt anlæg.

Den anden case er en kvægbedrift (undtagelsesbrug) med 1,9 DE per ha og dermed ikke helt oppe på grænsen på 2,3 DE per ha. Bedriften har 279 DE og et harmoniareal på 150 ha. Fosfortildelingen per ha er relativt høj, men den nuværende grænse for fosfor er også relativt høj. I alt udgør fosfortildelingen fra husdyrgødningen 40 kg P per ha, og grænsen i dag er 47 kg P per ha baseret på et forhold mellem fosfor og kvælstof på 0,2 kg P per kg N. Dette forhold er bestemt ud fra den type gylle, dybstrøelse og fast gødning, som bedriften har (Andersen & Rolighed, 2016). Til sammenligning er P:N-forholdet for gylle 0,15, og for fast gødning 0,28 (Rolighed, 2016). Disse forholdstal betyder en del for både hvor meget fosfor, der tildeles i dag, og det indirekte fosforloft, bedriften har i dag. Såfremt bedriften brugte almindelig gylle, ville tildelingen have været 29 kg P per ha, og grænsen ville have været 35 kg P per ha svarende til tildelingen på undtagelsesbrug med 2,3 DE per ha og med brug af gylle.

Den angivne kvægbedrift er blandt de 5 procent af kvægbedrifterne med den største fosfortildeling.

Når P:N-forholdet er højere end normen for gylle for en række kvægbedrifter (cirka 400), skyldes det forskellige forhold. Det kan være anvendelse af fast gødning, men der kan også være bedrifter, hvor gødningstypen ikke er angivet, hvorfor der er anvendt et gennemsnit af forskellige gødningstyper, og et gennemsnit af kvæg- og svinegylle har et forholdstal på 0,21. Endelig importerer nogle kvægbedrifter anden organisk gødning, som øger deres fosfortildeling i opgørelsen (Jonas Rolighed, DCE, personlig meddelelse).

Det antages endvidere, at den konkrete kvægbedrift indkøber 5 kg P per ha i form af handelsgødning til brug som startgødning til majsarealet. Den samlede tildeling af fosfor er således 45 kg P per ha, og den fremtidige grænse er 35 kg P per ha. Bedriften har nu tre muligheder:

1. Stoppe brugen af startgødning til majs i form af handelsgødning
2. Udvide harmoniarealet
3. Anvende en teknologi, der reducerer fosforbelastningen ved at eksportere den faste fraktion længere væk.

Såfremt brugen af fosfor i handelsgødning ophører, vil det reducere forbruget med 750 kg P, men der skal alligevel ske en yderligere reduktion på 675 kg P for at nå en samlet tildeling på 5.250 kg P. Dette kan ske ved at kombinere det med en udvidelse af harmoniarealet i form af gylleaftaler på 19 ha. Dette vil med de angivne forudsætninger på 250-750 kr. per ha koste 4.750-14.250 kr. (Jacobsen, 2016a). Dertil kommer så eventuelt udbyttetab, fordi anvendelsen af startgødning ophører. For kvægbedrifter, der i dag anvender fosfor fra handels-gødning som startgødning, kan placering af gylle med GPS-udstyr være en mulighed for at planterne har adgang til fosfor tidlig i vækstsæsonen (Hattesen, 2017; Jacobsen, 2017a).

Såfremt der alene sker en udvidelse af harmoniarealet, og der fortsat indkøbes den samme mængde fosfor i handelsgødning, så skal arealet udvides med 40 ha, og det koster med de samme forudsætninger som ovenfor 10-30.000 kr. årligt.

Endeligt er det muligt at separere gyllen og eksportere den faste fraktion længere væk. Imidlertid vil separation af den samlede mængde med en skruepresse betyde, at der i den faste fraktion, der eksporteres ud af bedriften, vil være 491 tons fast fraktion (8 procent) indeholdende 948 kg P (16 procent). Tilbage er herefter 5.434 kg P, hvilket stadig er over grænsen på 5.250 kg P, hvorfor der kræves yderligere tiltag (se tabel 4). I dette indgår ikke brug af fosfor fra startgødning.

En anden tilgang er den dyrere dekanterseparation. En separation af den samlede mængde på 6.138 tons gylle resulterer her i en fast fraktion på 614 tons (10 procent), der indeholder 4.147 kg P (70 procent), hvilket betyder, at der fjernes for meget fosfor fra bedriften.

Da der skal fjernes cirka 1.425 kg P (uden reduktion i startgødning), svarer det til, at 2.000 tons gylle (cirka 33 procent) dekantersepareres. Det vurderes, at den lave mængde kan gøre det dyrere, hvis ikke der anvendes maskinstation eller mobile anlæg. Tager man udgangspunkt i tidligere danske analyser, koster det 20-30 kr. per ton at separere denne mængde (Jacobsen et al., 2002). Omkostningen svarer til omkostningen for separation angivet i Nederlandene baseret på et mobilt anlæg på cirka 25 kr. per ton (se tabel 2). Omkostningen på 40-60.000 kr. per år omfatter alene separationen, hvortil kommer transport og afsætning af den faste fraktion (200 tons). Det skønnes, at det kan koste 20-30 kr. per ton fast fraktion at transportere denne mængde svarende til 4-6.000 kr. per år. (Jacobsen et al., 2002). En samlet omkostning omkring 45-65.000 kr. er således ikke usandsynlig.

Det vurderes at cirka 8 procent af husdyrgødningen i EU forarbejdes (Ehlert & Schoumans, 2015). Forarbejdning af 25 procent af den samlede gødningsmængde (gylle) i et forarbejdningsanlæg ville med priser som anført i Nederlandene på cirka 20 € per ton koste cirka 220.000 kr. årligt for de cirka 1.500 tons gødning (se tabel 5). Forarbejdningen vil omfatte separation og afbrænding af den faste fraktion, mens den flydende fraktion tilføres bedriftens egne marker.

Samlet vurderes det, at det for kvægbedriften vil være billigst at udvide harmoniarealet i kombination med en reduktion i anvendelsen af startgødning til majs, idet omkostningen herved vil være under 20.000 kr. årligt. De teknologiske løsninger vil i langt de fleste tilfælde være dyrere.

Tabel 5. Skøn over omkostninger for to case-bedrifter ved forskellige løsninger (kr. per år).

	Fjerkræbedrift	Kvægbedrift
Langdistancetransport	5 - 8.000	
Stop for startgødning og øget harmoniareal		5.000 - 14.000
Øget harmoniareal	9.500 - 28.500	10 - 30.000
Separation		45 - 65.000
Nederlandsk løsning	12 - 25.000	220.000

Kilde: Egne beregninger

Note: Omkostninger ved øget harmoniareal for fjerkræbedrift er beregnet ud fra en omkostning på 250-750 kr. per ha.

5. Kan overskydende fosfor fra husdyrgødning erstatte handelsgødningsfosfor i Danmark?

Den samlede mængde fosfor i husdyrgødning er opgjort til 45 mio. kg. P, og forbruget af fosfor i handelsgødning er opgjort til cirka 14 mio. kg i 2014/15 (se tabel 6). Dertil kommer slam med mere, som udgør 5 mio. kg P. Samlet giver det en tilførsel på cirka 62 mio. kg P (se tabel 6). Over for dette står, at den samlede fraførsel udgør 58 mio. kg P (kerne og en del af halmen), mens den i gødningsregnskaberne anbefalede tildeling udgør cirka 69 mio. kg P. Opgørelsen viser, at der primært på Sjælland tildeles mindre fosfor end der fjernes (se appendiks 1), mens der i hovedoplandene Nisum, Vadehavet og Ringkøbing samlet tildeles mere fosfor end der fjernes med afgrøderne.

Tabel 6. Tilført og fraført fosfor i landbruget i forhold til grænser

	Kilde	Mængde (mio. kg P)	Mængde (kg P/ha)	Index (100 = vejledning)
P-handelsgødning	DK stat 2014/15	14	5	20
	Conterra 2013	12	4	17
P-husdyrgødning	DK stat 2014/15	45	17	66
	Conterra 2013	45	17	66
P-slam	Conterra 2013	4,5	2	7
P-organisk + nedfald	MST	6	2	9
P-tilført i alt	Conterra 2013	62	23	90
P-tilført i alt	MST	61	23	89
P-fraført fra planter og halm	Conterra 2013	58	22	84
P-fraført i form af produkter	MST	38	14	55
P-overskud (markbalance)	Conterra 2013	4	2	6
P-overskud (bedriftsbalance)	MST	23	9	33
P-overskud (bedriftsbalance)	Vinther&Olsen (2016)	15	6	22
P-vejledning fra 2015	Conterra 2013	69	26	100
P-loft i tidl. regulering (2015)	DCE, 2016	85	32	123
P-loft 2020	Husdyrlov 2017	90	34	131

Kilder: Conterra (2015) (analyse baseret på 2013-tal), Danmarks Statistik (2017) (angivet i tabellen som DK stat omfattende tal for 2014/15), Miljøstyrelsen (2009) (angivet i tabellen som MST), Vinther og Olsen (2016) og egne beregninger (Jacobsen, 2017a).

Note: Det indregnede areal udgør 2,67 mio. ha.

Det nye fosforloft muliggør en tildeling i 2020 på cirka 90 mio. kg P (24 procent af arealet har skærpede krav). Det angives dog, at halvdelen af det skærpede areal nok kan øge fosforloftet til det generelle niveau på

grund af et fosfortal under 4, der giver mulighed for at øge tildelingen af fosfor fra husdyrgødning, hvilket øger loftet til cirka 91 mio. kg P.

Det fremgår af tabel 6, at der er nogen forskel i den mængde fosfor, der fraføres i markbalancerne (korn og halm), og den mængde, der sælges fra bedriften i produkter (kød og mælk). Der er således forskel på fosforoverskuddet opgjort på markniveau og på bedriftsniveau. Generelt burde beregninger af fosforoverskud efter de to metoder give samme resultat, men det er velkendt, at overskuddet på markniveau er mindre end overskuddet på bedriftsniveau. Det er tidligere vurderet, at der er størst usikkerhed på opgørelsen af fosforindholdet i markudbyttet (Vinther & Poulsen, 2008).

Analysen her ser på muligheden for at omfordele fosfor i husdyrgødning, men behovet for omfordeling kan opgøres på forskellige måder med udgangspunkt i markbalancen. Den meste skærpede tilgang vil være at antage, at der er overskud, når der tilføres mere, end der fraføres. Det er den tilgang, som indirekte anvendes i Nederlandene i dag, da der efter mange år med for høj fosfortildeling ikke må tildeles mere end 60 kg P_2O_5 eller 26 kg P per ha på kornarealer. Dette niveau svarer stort set til niveauet i de danske gødnings-vejledninger på omkring 24 kg P per ha som gennemsnit. Dette kunne således være et muligt udgangspunkt for kravet om omfordeling.

En anden tilgang er at definere fosforoverskud som fosformængden fra egen organisk gødning (ikke import), der overskrider det nye fosforloft. Som det fremgår af tidligere analyser, vil over 95 procent af alle bedrifter i dag tildele mindre end de kommende fosforlofter i 2020, som er på cirka 32,5 kg P per ha (Jacobsen, 2016b). Dette krav kan opgøres både på hovedoplandsniveau og på bedriftsniveau. Analysen på oplandsniveau angiver, hvorvidt der i et større område tildeles mere fosfor end de opsatte grænser, mens den anden analyse siger noget om behovet for omfordeling på bedriftsniveau. Som det fremgår af tabel 7, er der med denne tilgang ikke overskud på hovedoplands-niveau, hvorfor der ikke er behov for lang transport (over 20 km) ud af hovedoplandene. Der er således ingen økonomisk fordel ved en egentlig forarbejdning af gyllen ved de nuværende omkostninger til forarbejdning.

De direkte omkostninger ved øget transport baseret på en transport langt væk (over 20 km) på fx 30 kr. per ton gylle er opgjort til 13 og 84 mio. kr., alt efter om fosforgrænsen i denne analyse er det nye fosforloft, eller når tildeling svarer til fraførsel (se tabel 7). Dertil kommer så øget indkøb af kvælstof i handelsgødning. Såfremt de i denne beregning afgivne mængder – 0,4 og 2,8 mio. tons gylle – skulle eksporteres ud af området med de samme omkostninger, som Nederlandene oplever i forbindelse med forarbejdning (cirka 20 € per ton), ville den samlede omkostning være henholdsvis 60 og 417 mio. kr. årligt i de to situationer, hvilket er cirka fem gange så højt som angivet i tabel 7.

Såfremt vurderingen af den fraførte mængde tager udgangspunkt i produkterne i bedriftsbalancen, vil det øge behovet for omfordeling, idet overskuddet her er cirka 4 kg P per ha højere i 2014/15.

Den samlede mængde fosfor i husdyrgødning og anden organisk gødning (slam) i Jylland er på niveau med den høstede mængde fosfor i Jylland. Så en omfordeling baseret på denne grænse ville teoretisk betyde, at der ikke er behov for køb af fosfor fra handelsgødning i Jylland. Omvendt tildeles der på Sjælland samlet en fosformængde, der ligger lidt under den mængde, der fraføres.

Tabel 7. Mængde og skøn over omkostninger ved omfordeling ved fosforloft 2020 og loft svarende til fosforvejledning (24 kg P per ha) ved opgørelse på oplandsniveau og bedriftsniveau

Tildelingsgrænse for fosfor	Opgjort på	Mængde der skal transporteres* (tons P per år)	Transport-omkostninger (mio. kr. per år)
P-loft 2020	Hovedoplande	0	0
P-loft 2020	Bedrifter	600	13
P-vejledning	Hovedoplande	0	0
P-vejledning	Bedrifter	3.000	84

Note: *) omkostninger er skønnet til 30 kr. per ton gylle. Der antages 1 kg fosfor per ton gylle for svin og kvæg, mens der anvendes 4 kg fosfor per ton for fjerkræ. Den anslåede gylle-mængde, der skal transporteres, udgør 440.000 tons (ved fosforloft 2020) og 2,8 mio. tons ved fosforvejledning (24 kg P per ha).

Referencer

AL-2 (2017). AL-2 Teknik A/S. <http://www.al-2.dk/produkter/separation/>

Andersen, H.E. & Rolighed, J. (2016). Ændret husdyrregulering: indførsel af loft for tildeling af fosfor og effekt på omfordeling af husdyrgødning og fosforbalancer belyst gennem scenarieberegninger. Notat DCE, Aarhus Universitet, 22. august 2016.

Asai, M.; Langer, V.; Frederiksen, P. & Jacobsen, B.H. (2014). Livestock farmer perceptions of successful collaborative arrangements for manure exchange: A study in Denmark. *Agricultural Systems*, 128, 55-65. DOI:10.1016/j.agsy.2014.03.007

Birkmose, T. (2010). Status for gylleseparation i DK og i udlandet – teknik og økonomi. Er gylleseparation en forudsætning for biogasudbygning? Præsentation ved seminar om separation og biogas. Syddansk Universitet.

Conterra (2015). Opgørelse af fosforoverskud i Danmark. Regneark udarbejdet i forbindelse med forslag til ny husdyrregulering baseret på 2013 landbrugsdata. Ikke publiceret.

Danmarks Statistik (2017). Forbruget af handelsgødning I 2014/2015. Statistikbanken.

Ehlert, P. & Schoumans, O. (2015). Products, by-products and recovered secondary materials from processed animal manure. Report 2668. Alterra.

EU (2016). Regulation (EU) No 142/2011 as regards the use of manure of farmed animals as a fuel in combustion plants.

Hattesen, M. (2017). Lovende forsøg med gylle som startgødning i majs. *Landbrugsavisen*, Mark+ 9.2.2017. <http://landbrugsavisen.dk/mark/lovende-fors%C3%B8g-med-gylle-som-startg%C3%B8dning-i-majs>

Hjort-Gregersen, K. og Christensen, J. (2005). Rapport fra arbejdsgruppen om generel afbrænding af husdyrgødning til energiformål. Rapport. Miljøstyrelsen.

Hjort-Gregersen, K. og Petersen, S.L (2011). Konsekvensanalyse af forbrænding af husdyrgødning i relation til ønsket om en storstillet udbygning med husdyrgødningsbaseret biogasanlæg i Danmark. Agrotech.

Hoste, R. (2017). International comparison of pig production costs 2015. Results of InterPIG. Wageningen University.

Jacobsen, B.H.; Hjort-Gregersen, K.; Sørensen, C.G. & Hansen, J.F. (2002). Separation af gylle - en teknisk-økonomisk analyse. Rapport nr. 142. Fødevareøkonomisk Institut.

http://curis.ku.dk/ws/files/127934444/FOI_Rapport_142.pdf

Jacobsen, B.H. & Vogdrup-Schmidt, M. (eds.) (2014). White paper on Nutrient policies in Europe. Report from the EU-project: Improved Nutrient and Energy Management through Anaerobic Digestion (INEMAD). Report Work Package 5. 1.12.2014. <http://www.inemad.eu/fr/>

Jacobsen, B.H. (2016a). Vurderinger af ændringer i omkostninger som følge af ændrede harmonikrav for slagtesvin og undtagelsesbrug (kvæg) omfattende transport og køb af handelsgødning. Udredning 2016/17. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. http://curis.ku.dk/ws/files/165139788/IFRO_Udredning_2016_17.pdf

Jacobsen, B.H. (2016b). Driftsøkonomiske konsekvenser ved model for fosforregulering som led i ny husdyrarealregulering. Udredning 2016/19. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. http://curis.ku.dk/ws/files/167512637/IFRO_Udredning_2016_19.pdf

Jacobsen, B.H. (2017a). Opgørelse af erhvervsomkostninger ved justeringer og endelige fosforlofter som angivet i den nye husdyrlov fra 2017. Udredning 2017 nr. 09. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. https://curis.ku.dk/ws/files/179433632/IFRO_Udredning_2017_09.pdf

Jacobsen, B.H. (2017b). Why is acidification of slurry a success only in Denmark? Transfer of environmental technology across borders. Reviewed paper for 21st International Farm Management Congress, July 2017, Edinburgh.

Jacobsen, B.H. (2017c). Danish farmers' preference for bio-based fertilizers. Presentation. 21st International Farm Management Congress, July 2017, Edinburgh.

Knudsen, L.; Birkmose, T.S.; Rolighed, J.; Andersen, H.E. & Jacobsen, B. (2015). Analyse af bedriftsøkonomiske konsekvenser og ændret fosforoverskud på typebedrifter ved scenarier for en ændret fosforregulering. SEGES.

Luesink, H. (2017). Mail om transportomkostninger og omkostninger ved teknologier. 11.4.2017. Wageningen University.

Miljøstyrelsen (2009). Notat vedrørende fosforoverskud. http://www.vmp3.dk/Files/Filer/Gennemfoerelse/Evaluering/Fosfornotat_v_edroerede_fosforoverskud.pdf

NAER (2015). Vejledning om gødsknings- og harmoniregler. NaturErhvervstyrelsen.

Pedersen, Jørgen (2007). Transport af gylle. Et praktisk studie over metoder til flytning af gylle. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret. Farmtest nr. 61. Maskiner og planteavl.

Rolighed, J. (2016). Beregning af fosforloft og manglende udbringningsareal på bedriftsniveau til brug for erhvervsøkonomisk analyse af loft for tildeling af P i organisk gødning. Notat af 15. august 2016. DCE, Aarhus Universitet.

Schoumans, O. (2015). Reducing phosphorus losses from agriculture: Mitigation options and nutrient recovery from manure. Workshop on resource recovery. Presentation 25 June 2015, Milwaukee, Wisconsin.

Vinther, F.P. & Ohlsen, P. (2016). Næringsstofbalancer og næringsstofoverskud i landbruget 1994/95-2014/15. Rapport 079. DCA, Aarhus Universitet.

Vinther, F. & Poulsen, H.D. (2008). Udviklingen i landbrugets fosforoverskud og forbruget af foderfosfat. Baggrundsnotat - Vandmiljøplan III. Danmarks Jordbrugsforskning, Aarhus Universitet.

Wageningen (2014). Dünger - Ein wertvoller Rohstoff. Rapport om håndtering af husdyrgødning. Wageningen University.

Willems, J.; van Grinsven, H.J.M.; Jacobsen, B.H.; Jensen, T; Dalgaard, T.; Westhoek, H. & Kristensen, I.S. (2016). Why Danish pig farms have far more land and pigs than Dutch farms? Implications for feed supply, manure recycling and production costs. Agr. Systems 144, 122-132. DOI: 10.1016/j.agsy.2016.02.002

Endvidere indgår oplysninger præsenteret ved studiebesøg i Nederlandene den 1.-2. marts 2017 foretaget af:

- Transportfirma Mostert & Van de Weg bv
- Mælkeproducent Dekker
- Harry Kager, ZLTO (Landbrugs- og gartneriorganisation)
- Harm Smit, Policy Advisor, Ministry of Economic Affairs
- Harry Luesink, Wageningen University & Research
- Oscar Schoumans, Wageningen University & Research, Alterra
- Wiebren van Stralen, LTO, (Landbrugs- og gartneriorganisation)

Appendiks 1

Tabel A1. P-tildeling og overskud i 2015-analyse

Område	Areal	Husdyr- gødning	Handels- gødning	Slam m.m.	P i alt	P fraført	P vej- ledning	Over- skud	P loft 2020
	1000 ha	kg P/ha	kg P/ha	kg P/ha	kg P/ha	kg P/ha	kg P/ha	kg P/ha	kg P/ha
1.1.Nordlige Kattegat	145	18	2	1	21	19	23	2	34
1.2 Limfjorden	510	20	3	1	24	21	24	3	33
1.3 Mariager Fjord	36	15	4	1	20	20	24	1	33
1.4 Nisum Fjord	100	19	2	2	24	19	26	5	32
1.5 Randers Fjord	191	17	3	1	21	21	23	-1	32
1.6 Djursland	55	14	4	2	20	19	22	1	33
1.7 Århus Bugt	41	11	5	2	18	21	22	-3	32
1.8 Ringkøbing Fjord	211	20	3	2	25	18	26	7	33
1.9 Horsens Fjord	52	17	4	1	21	23	23	-3	32
1.10 Vadehavet	294	21	4	2	27	20	28	7	33
1.11 Lillebælt - Jylland	149	18	3	1	22	24	24	-1	33
1.12 Lillebælt - Fyn	67	20	3	1	24	23	23	1	34
1.13 Odense Fjord	74	16	5	1	22	23	23	-1	34
1.14 Storebælt	36	14	5	2	21	24	23	-3	34
1.15 Sydfynske	51	16	5	1	22	24	23	-2	33
2.1. Kalundborg	58	10	5	3	17	21	22	-4	32
2.2 Isefjord og Roskilde Fjord	107	6	9	2	16	21	22	-5	32
2.3 Øresund	20	4	7	1	12	17	21	-5	32
2.4 Køge Bugt	48	4	10	3	17	22	23	-5	33
2.5 Smålands-farvandet	233	9	9	3	21	23	24	-2	33
2.6 Østersøen	77	7	9	4	20	23	25	-2	33
3.0 Bornholm	34	22	2	1	25	24	23	0	34
4.0 Kruså	79	20	4	2	26	21	30	5	31
I alt	2.667	16	4	2	22	21	24	1	33

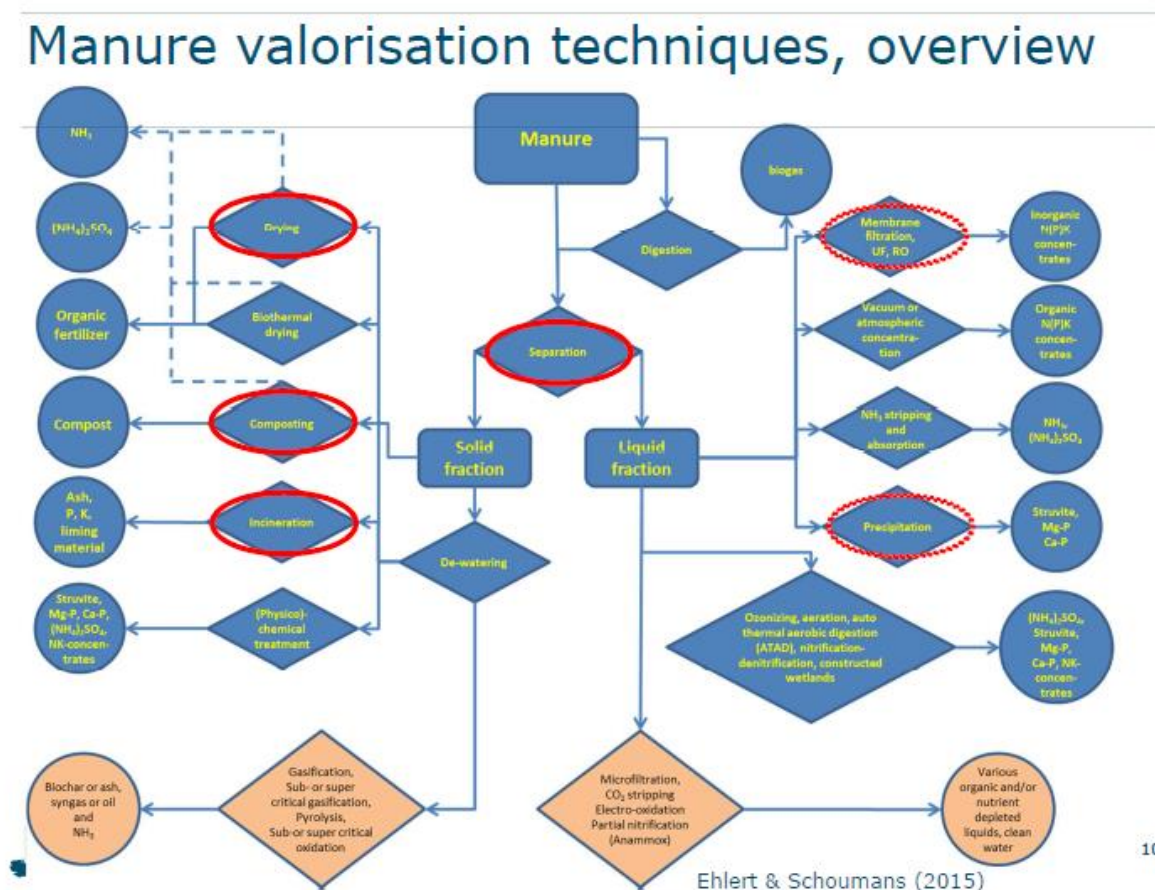
Kilde: Conterra, 2015 og Jacobsen, 2016b.

Note: P fraført omfatter kerne og 60 procent af P sekundært (halm)

Overskud er tilført minus fraført. P vejledning stammer fra niveauer i vejledning omkring Gødningsregnskabet. P loft 2020 stammer fra Jacobsen (2016b).

Appendiks 2

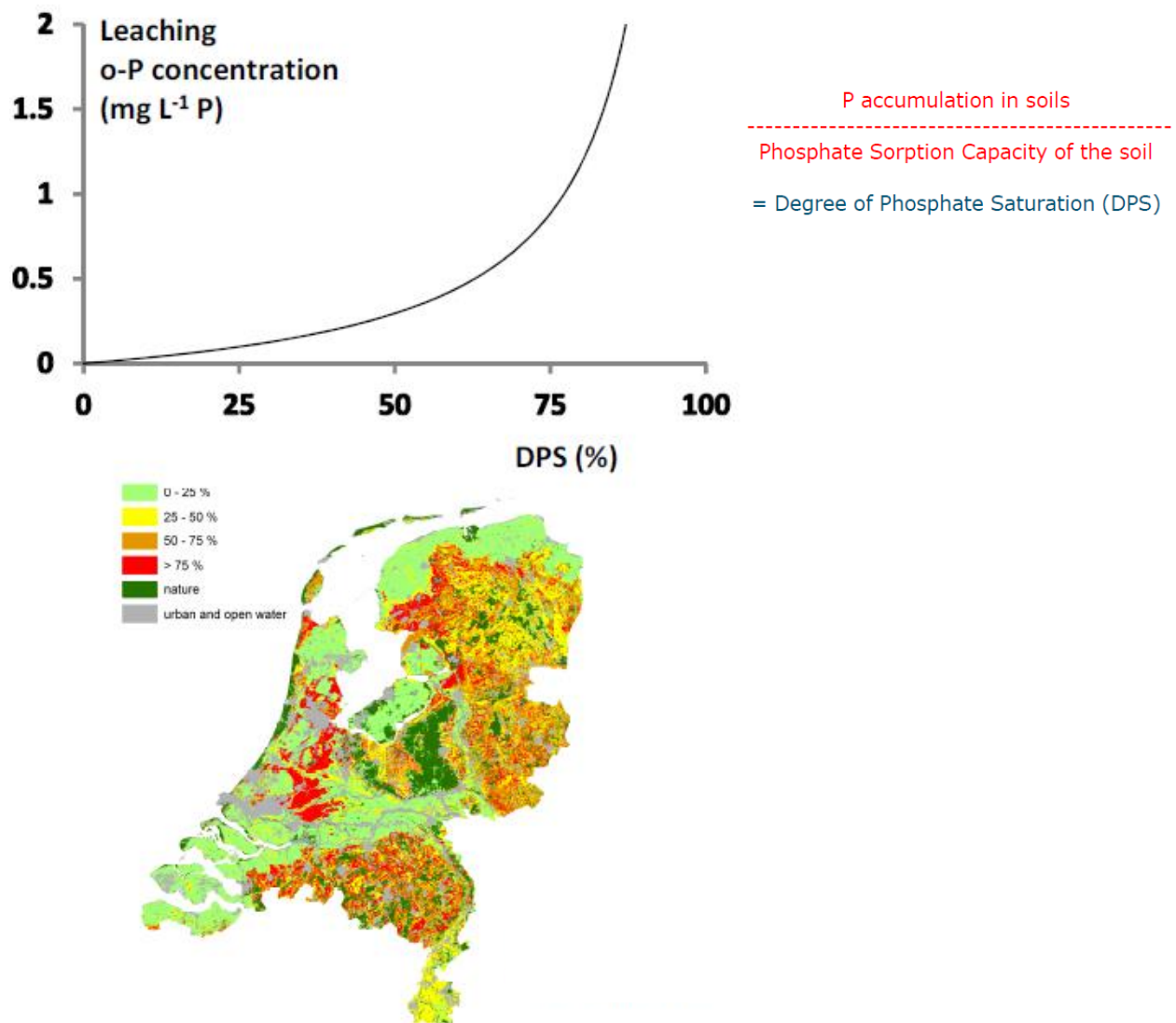
Figur A1. Oversigt over teknologier til forarbejdning af husdyrgødning



10

Appendiks 3

Figur A2. Omfang af fosformætning i Nederlandene



Kilde : Schoumans (2015)